

PAT-NO: JP405027180A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 05027180 A

TITLE: TRANSMISSION TYPE NEAR-FIELD SCANNING MICROSCOPE

PUBN-DATE: February 5, 1993

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

OSAWA, HISAO

FUJII, TORU

OKANE, TOSHIMITSU

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

NIKON CORP

N/A

APPL-NO: JP03203923

APPL-DATE: July 18, 1991

INT-CL (IPC): G02B021/06, G02B021/00

US-CL-CURRENT: 359/368

ABSTRACT:

PURPOSE: To improve the degree of utilization of the light power of illuminating light and to improve the observation sensitivity by providing optimum illumination corresponding to a sample to be observed.

CONSTITUTION: The transmission type near-field scanning microscope, equipped with light illuminating means 5 and 23 which radiate an observation point of the sample mounted on a sample base 17 with linearly polarized light from the rear surface through the sample 1 and a probe means 7 which can scan the sample 1 relatively, uses the sample base 17 whose incidence-side end surface and projection-side end surface for the illuminating light are spherical or columnar surfaces centered almost on the observation point of the sample 1.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-27180

(43)公開日 平成5年(1993)2月5日

(51)IntCl.⁵

G 0 2 B 21/06
21/00

識別記号

庁内整理番号

7246-2K
7246-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数7(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平3-203923

(22)出願日 平成3年(1991)7月18日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 大沢 日佐雄

東京都品川区西大井1-6-3 株式会社
ニコン大井製作所内

(72)発明者 藤井 透

東京都品川区西大井1-6-3 株式会社
ニコン大井製作所内

(72)発明者 岡根 利光

東京都品川区西大井1-6-3 株式会社
ニコン大井製作所内

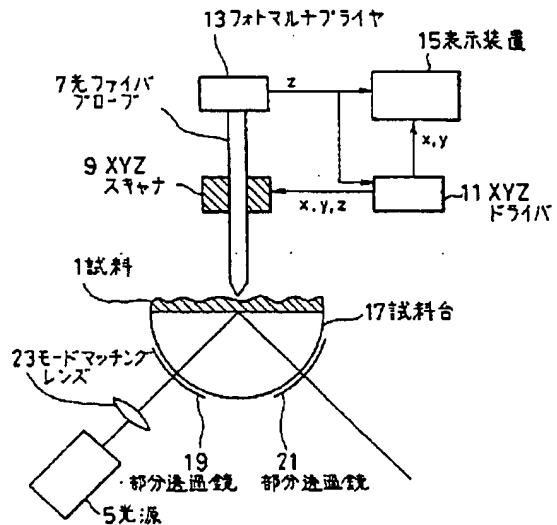
(74)代理人 弁理士 池内 義明

(54)【発明の名称】 透過型近接場走査型顕微鏡

(57)【要約】

【目的】 被観察試料に応じて最適の照明を行ない、照明光の光パワーの利用度を向上させるとともに、観察感度を向上させる。

【構成】 試料台上に載置した試料の観察点に該試料を介して裏面から直線偏光の光を照射する光照明手段と、前記試料に対し相対的に走査可能なプローブ手段とを備えた透過型近接場走査型顕微鏡において、前記試料台として照明光の入射側端面および出射側端面がほぼ前記試料の観察点を中心とする球面または円柱面となっているものを使用する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 試料台上に載置した試料の観察点に該試料台を介して裏面から照明光を照射する光照射手段と、前記試料に対し相対的に走査可能なプローブ手段とを備えた透過型近接場走査型顕微鏡であって、

前記試料台は照明光の入射側端面および出射側端面がほぼ前記試料の観察点を中心とする球面または円柱面であることを特徴とする透過型近接場走査型顕微鏡。

【請求項2】 前記照明光の入射角を前記観察点を通り、前記照明光の入射面に対し垂直な回転軸のまわりに調節可能としたことを特徴とする請求項1に記載の透過型近接場走査型顕微鏡。

【請求項3】 前記照明光のうち試料面において全反射をした後、出射側から出射する光の少なくとも一部を出射側から再び前記観察点方向に戻し前記試料を再び照明する光学系を設けたことを特徴とする請求項1に記載の透過型近接場走査型顕微鏡。

【請求項4】 前記試料台の入射側端面および出射側端面を部分透過鏡とし前記試料台の光学系を含む光共振器を構成したことを特徴とする請求項3に記載の透過型近接場走査型顕微鏡。

【請求項5】 前記試料表面と前記プローブ手段との間の距離変化を前記光共振器の共振周波数の変化として検出することを特徴とする請求項4に記載の透過型近接場走査型顕微鏡。

【請求項6】 前記光照射手段の光源として前記光共振器の共振周波数にロックした半導体レーザを用い、前記試料表面と前記プローブ手段との間の距離変化による前記共振周波数の変化を前記半導体レーザの周波数変化として検出することを特徴とする請求項5に記載の透過型近接場走査型顕微鏡。

【請求項7】 試料台上に載置した試料に対し相対的に走査可能なプローブ手段を備えた透過型近接場走査型顕微鏡であって、

前記試料台は照明光の入射側端面および出射側端面が前記試料の観察点を中心とする球面または円柱面であり、かつ入射側端面側もしくは出射側端面側にレーザ媒質が配置され、

試料台と前記レーザ媒質を含む光路の両端部に部分透過鏡を設け試料の観察点における全反射と部分透過鏡によって、光共振器を構成するとともに、前記レーザ媒質を励起してレーザ発振をさせ、そして前記試料表面と前記プローブ手段との距離変化を前記レーザ発振の発振周波数の変化として検出することを特徴とする透過型近接場走査型顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、透過型近接場走査型顕微鏡に関し、特に被観察試料を載置するための試料台の工夫などによって透過型近接場走査型顕微鏡の観察感度

2

を大幅に向上させる技術に関する。

【0002】

【従来の技術】 図5は、一般的な透過型近接場走査型顕微鏡の概略の構成を示す。同図の顕微鏡は、被観察試料1を載置するための試料台となる三角プリズム3と、試料1を裏面から全反射が起こるように照明するための半導体レーザのような光源5と、先端を尖らせた光ファイバなどによって構成される光プローブ7と、この光プローブ7を試料1の表面に対し走査するXYZスキャナ9と、該XYZスキャナ9を駆動するXYZドライバ11と、光プローブ7からの光を検出するフォトマルチプライヤ13と、表示装置15などによって構成される。

【0003】 図5の透過型近接場走査型顕微鏡においては、光源5からプリズム3に試料1の裏面で全反射が起こる角度で光を入射させる。これにより、プリズム3の上面には試料表面の構造を反映しつつ試料からの距離に対して指数関数的に減衰するエバネッセント光が発生する。小さな開口を有する光プローブ7の先端部で微小領域ごとにこのエバネッセント光をピックアップし、これをフォトマルチプライヤ13で光電変換および信号増幅をおこなった後、表示装置15に入力する。また、XYZドライバ11からの駆動信号によりXYZスキャナ9を動作させ光プローブ7を試料1の表面に沿って走査することにより、試料1の表面各部におけるエバネッセント光の強度に対応する信号をフォトマルチプライヤ13から出力する。この場合、この出力信号は、光プローブ7の先端と試料表面との距離に依存するから、この出力信号が一定となるようXYZドライバ11およびXYZスキャナ9によって試料1の表面と光プローブ7との間隔を制御する。そして、このような制御ループの誤差信号により試料表面の形状に対応した信号を得、この信号を表示装置15に入力して所望の観察画像を得る。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 このような従来の透過型近接場走査型顕微鏡においては、被観察試料の照明を照明光をプリズム3によって全反射させることによって行なう必要があり、試料1から生成されるエバネッセント光強度は、臨界角で最も強くなる。そして、この臨界角は試料の屈折率によって異なるため、試料に応じて照明光の入射角をさまざまな値に設定する必要がある。ところが、図5のような顕微鏡においては、試料台3として三角プリズムを用いているため、試料台3の入射面における屈折により、照明光の試料面に対する角度が試料台の外部と内部で異なり、照明光の入射角の調整を容易に行なうことができなかった。また、試料台3への照明光の入射角が変化すると、試料台における試料の照明位置も変化してしまうという不都合もあった。

【0005】 また、図5の顕微鏡においては、光源5からの照明光は試料1の裏面で全反射した後、ほとんどがプリズム3の出射側から射出されてしまう。このため照

3

明光の光パワーの利用度がきわめて低いという不都合があった。

【0006】また、図5の顕微鏡においては、光プローブ7によって試料1表面から射出されるエバネッセント光強度を検出しているが、このエバネッセント光強度が非常に小さいためその検出には高度の技術を要し、また、エバネッセント光の検出効率を上げるためおよび横分解能向上のために光プローブ7にはその先端部中心に光の波長に比べ小さな開口のある光導波路が必要であるが、このような光プローブを作成することはきわめて困難であった。

【0007】本発明の目的は、前述の従来例の顕微鏡における問題点を鑑み、透過型近接場走査型顕微鏡において、簡単な構成により照明光の入射角の調整を容易にし、照明光の光パワーの利用度を向上させ、さらに試料の観察感度を上昇させることにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明によれば、試料台上に載置した試料の観察点に該試料台を介して裏面から照明光を照射する光照射手段と前記試料に対し相対的に走査可能なプローブ手段とを備えた透過型近接場走査型顕微鏡が提供され、該顕微鏡における前記試料台は照明光の入射側端面および出射側端面がほぼ前記試料の観察点を中心とする球面または円柱面であることを特徴とする。

【0009】前記照明光の入射角は前記観察点を通り、前記照明光の入射面に対し垂直な回転軸の周りに調節可能とすると好都合である。

【0010】また、前記照明光の内、試料面において全反射をした後、出射側から出射する光の少なくとも一部を出射側から再び前記観察点方向に戻し前記試料を再び照明する光学系を設けることもできる。

【0011】また、前記試料台の入射側端面および出射側端面を部分透過鏡とし前記試料台の光学系を含む光共振器を構成すると好都合である。この場合、前記試料表面と前記プローブ手段との間の距離変化を前記光共振器の共振周波数の変化として検出すると好都合である。

【0012】このような共振周波数の変化を検出するために、前記光照射手段の光源として前記光共振器の共振周波数にロックした半導体レーザを用い、前記試料表面と前記プローブ手段との間の距離変化による前記共振周波数の変化を前記半導体レーザの周波数変化として検出することもできる。

【0013】さらに、試料台上に載置した試料に対し相対的に走査可能なプローブ手段を備えた透過型近接場走査型顕微鏡において、前記試料台は照明光の入射側端面および出射側端面が前記試料の観察点を中心とする球面または円柱面であり、かつ入射側端面側あるいは出射側端面側にレーザ媒質が配置され、前記試料台上の観察点における全反射と前記レーザ媒質を含む光路の両端部に

4

部分透過鏡を設けることによって光共振器を構成するとともに、前記レーザ媒質を励起してレーザ発振をさせ、かつ前記試料表面と前記プローブ手段との距離変化を前記レーザ発振の共振周波数の変化として検出するよう構成することもできる。

【0014】

【作用】上記構成に係わる透過型近接場走査型顕微鏡においては、試料台の入射側端面および出射側端面を球面または円柱面とすることにより、照明光が常に試料台の入射側端面に垂直に入射し、試料台の屈折率の影響が除去され、試料面に対する照明光の角度を試料台外部と内部で等しくできる。また、試料台での入射角が変化しても試料台における照明位置が変わることがなくなる。このため、照明光の入射角の調整がきわめて容易かつ適確に行なわれる。

【0015】このため、照明光の入射角を該照明光の入射面に対し垂直な回転軸の周りに調整可能とし、任意にかつ適確に最適の入射角を設定することが可能となる。

【0016】また、照明光の内、試料面において全反射をした後、出射側から出射する光の少なくとも一部を出射側から再び前記観察点方向に戻し試料を再び照明する光学系を設けることにより、照明光の光パワーの利用度が高くなる。

【0017】さらに、試料台の入射側端面および出射側端面を部分透過鏡とし試料台の光学系を含む光共振器を構成することにより、プリズム内部の光パワー密度をさらに高め、照明光の利用度を大幅に向上できる。

【0018】そして、このような光共振器を構成した場合には、前記試料表面とプローブ手段との間の距離の変化によって、試料表面に生成されるエバネッセント波が試料裏面側に戻る量が変化し、これにより光共振器の実効長が変化する。従って、この時の光共振器の共振周波数の変化を検出することにより、試料表面に対応する信号を高感度で出力することが可能となる。そして、この場合従来例の顕微鏡のように、プローブ手段として微小開口をもった光導波路を作成する必要はなくなり、単に微小開口を有するガラスなどの透明物質を用いるのみでよくなり、プローブの作成が容易になるとともに、分解能をより向上させることができる。

【0019】さらに、前記光共振器の共振周波数にロックした半導体レーザを用い、前記試料表面とプローブ手段との間の距離変化による共振周波数の変化を該半導体レーザの周波数として検出することにより、試料表面に対応する信号をより容易にかつ高感度で得ることができるようになる。

【0020】さらに、前述のような入射側端面および出射側端面が球面または円柱面の試料台を用い、該試料台の入射側端面側にレーザ媒質を配置し、試料台とレーザ媒質を含む光路の両端部に部分透過鏡を設けることによって光共振器を構成するとともに、前記レーザ媒質を励

5

起してレーザ発振をさせた場合には、前記試料表面と前記プローブ手段との距離変化を前記レーザ発振の発振周波数の変化として検出することが可能となり、きわめて高感度で試料の観察ができるとともに、レーザ発振の発振周波数を検出するためにフィードバックループなどを構成する必要がなくなり装置構成が簡略化される。

【0021】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例につき説明する。図1は、本発明の第1の実施例に係わる透過型近接場走査型顕微鏡の概略の構成を示す。同図の顕微鏡は、試料1を載置するための試料台17として半球状または半円柱状のガラスなどによって構成されたものを使用する。この試料台17の少なくとも照明光の入射側端面および出射側端面を含む曲面部分は部分透過鏡とされる。これは、例えば該曲面部分に部分透過鏡19を配設してもよく、あるいは試料台17の曲面部分に直接部分透過膜を形成してもよい。また、半導体レーザのような光源5からの光を試料台17に入射するためにモードマッチングレンズ23が使用されている。また、光源5からの射出光を試料1への入射角を調整するために、光源5は図示しない回動可能な支持部材に取付けられ試料1の観察点近傍を中心として試料台17に対する角度が調整できるよう構成されている。

【0022】なお、図1の透過型近接場走査型顕微鏡においては、試料1からのエバネッセント光を検出するための光ファイバプローブ7、光ファイバプローブ7を走査するためのXYZスキャナ9、XYZドライバ11、光ファイバプローブ7で検出した光を増強するためのフォトマルチプライヤ13、および表示装置15は図5のものと同じでよく、同一部分は同一参照数字で示されている。

【0023】このような構成を有する透過型近接場走査型顕微鏡においては、光源5からのレーザ光がモードマッチングレンズ23を介して試料台17に入射される。そして、この場合光源5からの光は試料台17の試料面に対応する面で全反射され試料台17の出射側端面を介して放出される。但し、試料台17の入射側端面および出射側端面には部分透過鏡19および21が形成されているから、これら2つの部分透過鏡19、21と試料台17の試料面とによって光共振器が構成される。この場合、光源5からの入射光が試料表面で全反射するよう、光源5からの光の入射角などを調整する必要があるが、このような円柱形あるいは球形の試料台を用いることにより、光源5の射出光の入射角を変化させても試料面上での照射位置が変化することはない。従って、試料表面における全反射の臨界角は試料1の屈折率によって異なるが、本発明によれば該屈折率の変化に対応して試料面への入射光の入射角をより容易に調整することができ、しかも入射角を変化させても試料面上での照射位置が変動することがない。

6

【0024】このような光共振器内におけるレーザ光のパワーは、ほぼ共振器を構成しない場合の共振器のほぼフィネス倍となるが、フィネスとしては100程度のは容易に実現できる。従って、この場合はレーザパワーを100倍にしたものと同じ効果がある。従って、試料を照明する場合の光の利用効率が大幅に向上し、高感度の観察が可能となる。

【0025】このようにして、裏面より照明された試料1は、光ファイバプローブ7、XYZスキャナ9、XYZドライバ11、フォトマルチプライヤ13、表示装置15を用いて前記図5の従来の顕微鏡と同様にして観察が行なわれる。

【0026】図2は、本発明の第2の実施例に係わる透過型近接場走査型顕微鏡の概略の構成を示す。図2の顕微鏡においては、図1の実施例のものと同様の半円柱形または半球形の試料台17が用いられる。この試料台17の照明光の入射側端面および出射側端面には同様に部分透過鏡19および21が設けられあるいは形成されている。試料台17上に載置された試料1を照明するための光源として半導体レーザ25が使用されている。また、このような半導体レーザ25によって射出された光が試料1の表面において全反射され試料台17から射出されるが、その射出光を検出するためにフォトダイオードのようなフォトディテクタ27が設けられている。

【0027】さらに、フォトディテクタ27の出力はフィードバックアンプ29を介して半導体レーザ25の注入電流を制御するよう構成されている。

【0028】また、試料1の表面は先端の尖ったガラスなどで構成されたプローブ31をXYZスキャナ33とこれを駆動するXYドライバ35によって走査する。また、検出画像を表示するために表示装置37が設けられ、この表示装置37にはXYドライバ35からの走査位置信号とフィードバックアンプ39の出力が供給されている。

【0029】図2の実施例においては、半導体レーザ25の射出光はモードマッチングレンズ23を通り部分透過鏡19、21および試料台17で構成される光共振器内に導入される。このような光共振器内を透過した光をフォトディテクタ27で検出し、透過光強度が一定になるように半導体レーザ25への注入電流を制御する。このために、フォトディテクタ27の出力がフィードバックアンプ29によって適切なレベルに増幅された後半導体レーザ25に印加される。なお、半導体レーザ25から射出し該光共振器の入射光側で反射した光が直接半導体レーザ25に戻らないように図示しない光アイソレータを設けると好都合である。

【0030】このように、半導体レーザ25の注入電流を制御することにより該半導体レーザ25の発振周波数を制御し、該発振周波数が前記光共振器の共振周波数にロックするように構成する。すなわち、図3のAは試料

台17などによって構成される光共振器の共振曲線を、Bはレーザの発振線を周波数 ν を横軸にして示す。半導体レーザは注入電流量の変化により発振周波数 ν_1 が変化するので、図3に示すように、フォトディテクタ27で検出する光強度が一定になるように半導体レーザの注入電流量を制御し、光共振器の共振曲線のスロープの中間点の周波数 ν_1 に半導体レーザの発振周波数をロックする。

【0031】このような構成において、試料1にプローブ31を近づけると、試料1から放出されるエバネッセント光のプローブとの相互作用により、光共振器の実効長が変わるために共振周波数が変化する。すなわち、プローブ31と試料1との距離によって光共振器の共振周波数が変化する。従って、プローブ31をXYスキャナ33により試料1の表面に沿って走査すると、試料1の形状に応じて光共振器の共振周波数が変化する。そして、半導体レーザ25は、光共振器の共振周波数にロックしており、すなわちフォトディテクタ27の出力が一定になるように図3の共振曲線にある点にロックしている。従って、半導体レーザ25への注入電流すなわちフィードバックアンプの出力は試料1の表面とプローブ31との間隔に対応した信号となり、この信号を表示装置37に入力して表示することにより、試料1の形状に対応する画像を得ることができる。このように半導体レーザ25の注入電流から画像信号を得ることにより、光ファイバプローブおよびフォトマルチプライヤを使用して画像信号を検出する場合に比較し、より高感度の画像検出が可能になる。また、フォトディテクタ27としてフォトダイオードのようなノイズの少ない素子を使用でき、画像信号のS/Nを向上させることができる。

【0032】図4は、本発明のさらに他の実施例に係わる透過型近接場走査型顕微鏡の概略の構成を示す。同図の顕微鏡は、前記各実施例と同様の半円柱形または半球形試料台17を使用し、この試料台17の光入射側にレーザ媒質39としてNd:YAGガラスを配置する。また、このレーザ媒質39を励起するために光源として半導体レーザ41を設ける。そして、レーザ媒質39の光入射側と試料台17の光出射側端面にそれぞれ部分透過鏡43および21を設け、さらに試料台17の試料面における全反射を利用し光共振器を構成する。また、Nd:YAGガラスから射出され試料台17の試料面で全反射して部分透過鏡21を透過してくる光の周波数を係数するために周波数カウンタ45が設けられている。また、試料1の表面上には図2の実施例と同様にプローブ31、XYスキャナ33、該XYスキャナ33を駆動するXYドライバ35、そして表示装置37が設けられている。

【0033】このような透過型近接場走査型顕微鏡においては、半導体レーザ41から射出されるレーザ光によってレーザ媒質39が励起され、該レーザ媒質39およ

び試料台17などによって構成される光共振器の共振周波数でレーザ発振が行なわれる。半導体レーザ41の出力光の波長は例えば780nmとされ、これによってレーザ媒質39が例えば波長1.06 μ mのレーザ発振を行なう。

【0034】このようなレーザ発振によって試料1を裏面から照明しながら、プローブ31を前記図2の実施例と同様に試料1に近づけつつXYスキャナ33によって走査する。この場合、プローブ31と試料1との距離に応じて光共振器の実効長が変化し、前記レーザ発振の周波数が変化する。

【0035】このような発振周波数の変化を周波数カウンタ45で測定し、試料-プローブ間距離に対応した周波数変化を有する信号が得られ、この信号を必要に応じてF-V変換して表示装置37に入力する。これにより、表示装置37によって試料1の形状に応じた画像を表示することができる。

【0036】なお、プローブ31と試料1との距離が一定になるようにすなわちレーザ発振の発振周波数変換が一定になるように、プローブ31と試料1との間の距離を制御し、この制御のための誤差信号を出力信号として表示装置に入力することも可能である。また、レーザ媒質およびその励起法は上に示したものに限定されず、任意のものとの組み合わせを用いることができる。さらに試料台そのものをレーザ媒質で構成してもよい。また以上の光共振器はすべて定在波型としたが、もちろんリング型共振器を用いても良い。なお、図4の実施例では、発振周波数の制御などのフィードバックループが不要であるから、装置構成が簡略化される。また、レーザ発振の発振周波数から画像信号を得るから、検出感度がきわめて高くなる。

【0037】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、比較的簡単な装置構成により、照明光の入射角を容易にかつ適確に調整することが可能となり、しかも入射角を変えても試料台における照明位置が変わるという不都合が除去される。また、照明光の光パワーの利用度がきわめて高くなる。さらに、画像の検出感度がきわめて高くなり、かつ信号対雑音比も大幅に向上させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係わる透過型近接場走査型顕微鏡の概略の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第2の実施例に係わる透過型近接場走査型顕微鏡の概略の構成を示すブロック図である。

【図3】図2の顕微鏡における光共振器および半導体レーザの波長特性を示すグラフである。

【図4】本発明の第3の実施例に係わる透過型近接場走査型顕微鏡の概略の構成を示すブロック図である。

【図5】従来の透過型近接場走査型顕微鏡の概略の構成

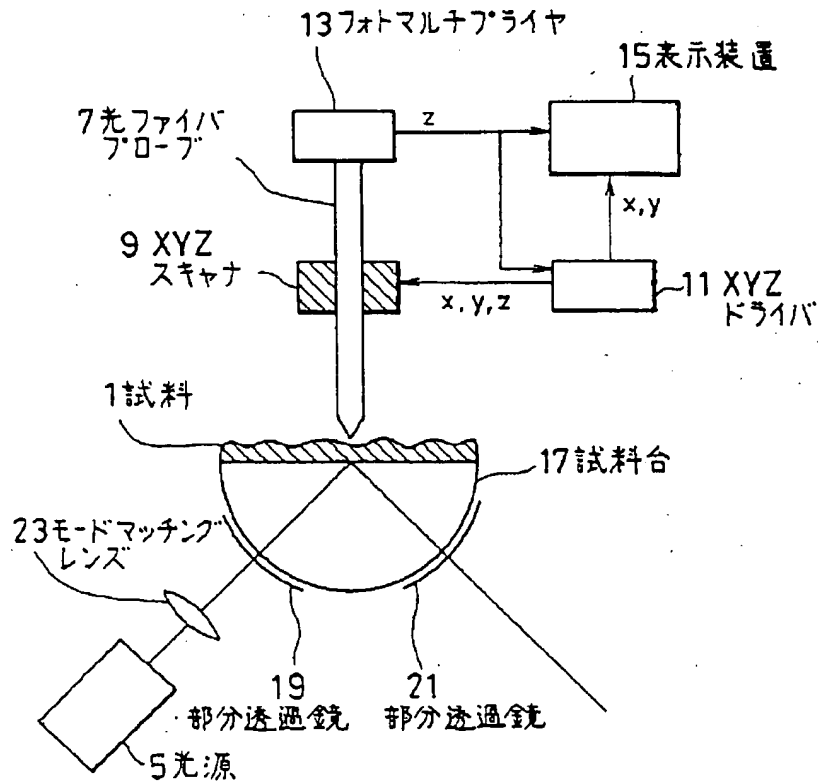
9
を示すブロック図である。
【符号の説明】

1 試料
3 プリズム
5 光源
7 光ファイバプローブ
9 XYZスキャナ
11 XYZドライバ
13 フォトマルチプライヤ
15 表示装置
17 試料台

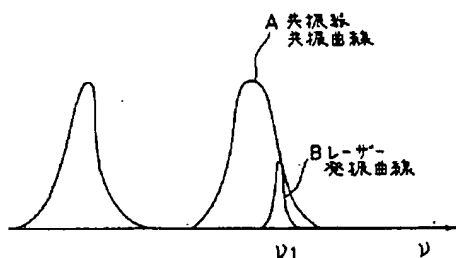
10

19, 21, 43 部分透過鏡
23 モードマッチングレンズ
25, 41 半導体レーザ
27 フォトディテクタ
29 フィードバックアンプ
31 プローブ
33 XYスキャナ
35 XYドライバ
37 表示装置
10 39 レーザ媒質
45 周波数カウンタ

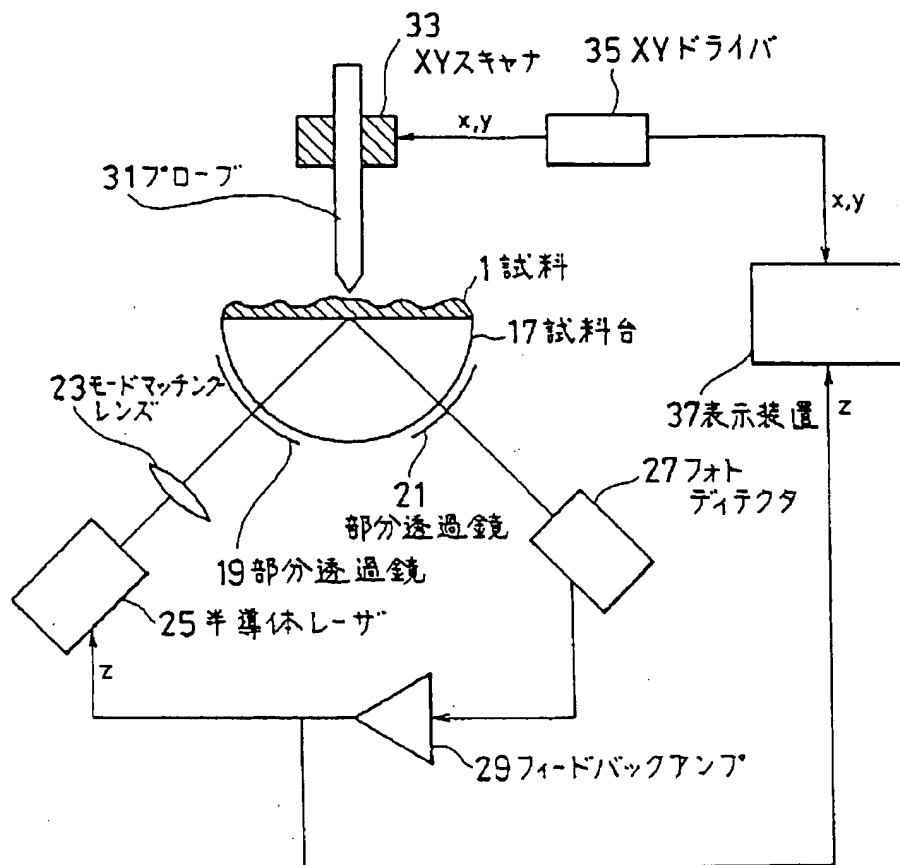
【図1】



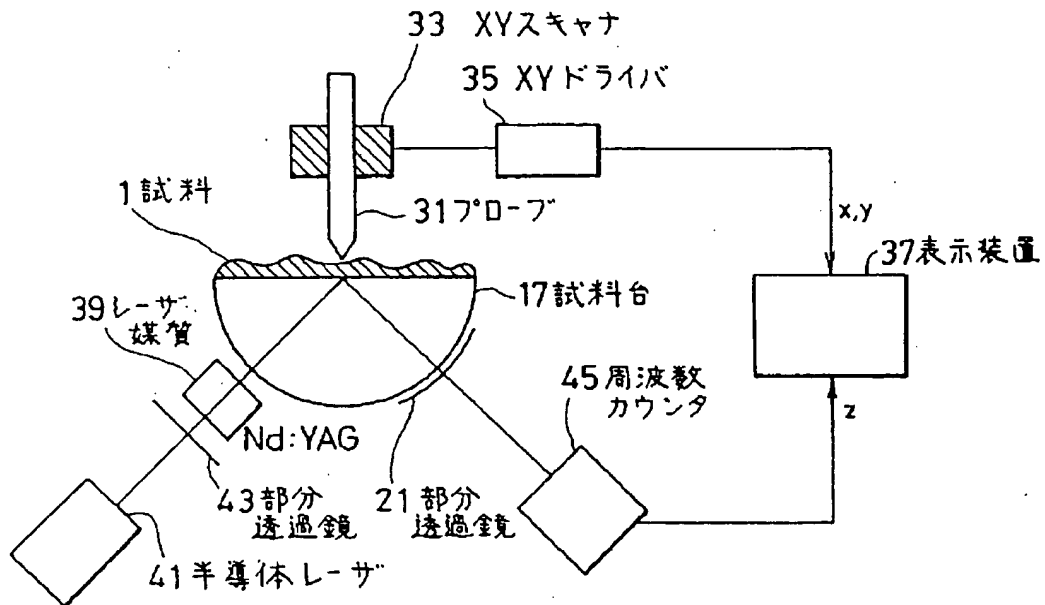
【図3】



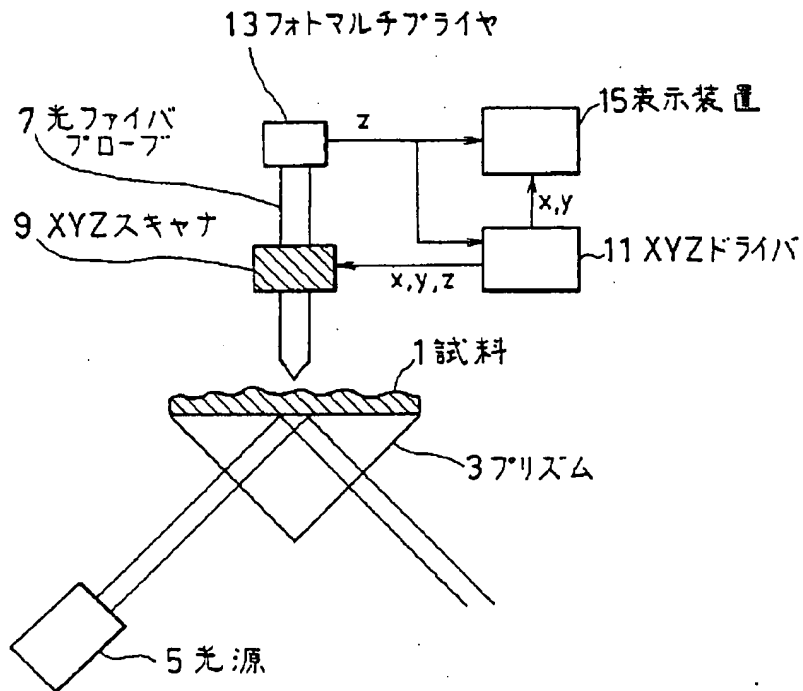
【図2】



【図4】



【図5】



* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing the configuration of the outline of the transparency mold contiguity place scanning microscope concerning the 1st example of this invention.

[Drawing 2] It is the block diagram showing the configuration of the outline of the transparency mold contiguity place scanning microscope concerning the 2nd example of this invention.

[Drawing 3] It is the graph which shows the optical resonator in the microscope of drawing 2 , and the wavelength property of semiconductor laser.

[Drawing 4] It is the block diagram showing the configuration of the outline of the transparency mold contiguity place scanning microscope concerning the 3rd example of this invention.

[Drawing 5] It is the block diagram showing the configuration of the outline of the conventional transparency mold contiguity place scanning microscope.

[Description of Notations]

- 1 Sample
- 3 Prism
- 5 Light Source
- 7 Optical Fiber Probe
- 9 XYZ Scanner
- 11 XYZ Driver
- 13 Photomultiplier
- 15 Display
- 17 Sample Base
- 19, 21, 43 Partial transparency mirror
- 23 Mode Matching Lens
- 25 41 Semiconductor laser
- 27 Photodetector
- 29 Feedback Amplifier
- 31 Probe
- 33 XY Scanner
- 35 XY Driver
- 37 Display
- 39 Laser Medium
- 45 Frequency Counter

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] Especially this invention relates to the technique which raises sharply the observation sensibility of a transparency mold contiguity place scanning microscope by the device of the sample base for laying an observed sample etc. about a transparency mold contiguity place scanning microscope.

[0002]

[Description of the Prior Art] Drawing 5 shows the configuration of the outline of a common transparency mold contiguity place scanning microscope. The triangular prism 3 used as a sample base for the microscope of this drawing to lay the observed sample 1, The light source 5 like the semiconductor laser for illuminating a sample 1 so that total reflection may happen from a rear face, The optical probe 7 constituted with the optical fiber which sharpened the tip, It is constituted by the display 15 etc. with the XYZ scanner 9 which scans this optical probe 7 to the front face of a sample 1, the XYZ driver 11 which drives this XYZ scanner 9, and the photomultiplier 13 which detects the light from the optical probe 7.

[0003] In the transparency mold contiguity place scanning microscope of drawing 5, incidence of the light is carried out at the include angle to which total reflection happens from the light source 5 to prism 3 with the rear face of a sample 1. Thereby, in the top face of prism 3, the EBANESSENTO light exponentially decreased to the distance from a sample reflecting the structure on the front face of a sample occurs. This EBANESSENTO light is taken up for every minute field by the point of the optical probe 7 which has small opening, and this is inputted into a display 15 after performing photo electric conversion and signal magnification by the photomultiplier 13. Moreover, the signal corresponding to the EBANESSENTO luminous intensity in each part of a front face of a sample 1 is outputted from a photomultiplier 13 by operating the XYZ scanner 9 with the driving signal from the XYZ driver 11, and scanning the optical probe 7 along the front face of a sample 1. In this case, since it is dependent on the distance on the tip of the optical probe 7, and the front face of a sample, this output signal controls spacing of the front face of a sample 1, and the optical probe 7 by the XYZ driver 11 and the XYZ scanner 9 so that this output signal becomes fixed. And the signal corresponding to the configuration on the front face of a sample is acquired with the error signal of such a control loop, this signal is inputted into a display 15 and a desired observation image is obtained.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] It is necessary to perform lighting of an observed sample by carrying out total reflection of the illumination light with prism 3, and the EBANESSENTO light reinforcement generated from a sample 1 becomes the strongest by the critical angle in such a conventional transparency mold contiguity place scanning microscope. And since this critical angle changes with refractive indexes of a sample, it needs to set the incident angle of the illumination light as various values according to a sample. However, in a microscope like drawing 5, since triangular prism was used as a sample base 3, by refraction in the plane of incidence of the sample base 3, the include

angles to the sample side of the illumination light differed the exterior and inside the sample base, and the incident angle of the illumination light was not able to be adjusted easily. Moreover, when the incident angle of the illumination light to the sample base 3 changed, there was also un-arranging [that the lighting location of the sample in a sample base will also change].

[0005] Moreover, in the microscope of drawing 5 , after carrying out total reflection of the illumination light from the light source 5 with the rear face of a sample 1, most will be injected from the outgoing radiation side of prism 3. For this reason, there was un-arranging [that the availability of the optical power of the illumination light was very low].

[0006] Moreover, although the EBANESSENTO light reinforcement injected by the optical probe 7 from sample 1 front face is detected in the microscope of drawing 5 Although that optical waveguide that has small opening compared with the wavelength of light focusing on a point is required for the optical probe 7 because of horizontal resolution enhancement in order for that detection to take an advanced technique since this EBANESSENTO light reinforcement is very small, and to gather the detection efficiency of EBANESSENTO light and It was very difficult to create such an optical probe.

[0007] In view of the trouble in the microscope of the above-mentioned conventional example, the purpose of this invention makes adjustment of the incident angle of the illumination light easy by the easy configuration, raises the availability of the optical power of the illumination light in a transparency mold contiguity place scanning microscope, and is to raise the observation sensibility of a sample further.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, according to this invention, the transparency mold contiguity place scanning microscope which equipped relatively the viewpoint of the sample laid on the sample base with the probe means which can be scanned to the Mitsuteru gunner stage which irradiates the illumination light from a rear face through this sample base, and said sample is offered. Said sample base in this microscope is characterized by the incidence side edge side and outgoing radiation side edge side of the illumination light being the spherical surface or the cylinder side of said sample centering on a viewpoint mostly.

[0009] If the incident angle of said illumination light passes along said viewpoint and makes accommodation possible around a perpendicular revolving shaft to the plane of incidence of said illumination light, it is convenient.

[0010] Moreover, after carrying out total reflection in a sample side among said illumination light, the optical system which returns again a part of light [at least] which carries out outgoing radiation from an outgoing radiation side in said direction of a viewpoint from an outgoing radiation side, and illuminates said sample again can also be established.

[0011] Moreover, it is convenient if the optical resonator which uses the incidence side edge side and outgoing radiation side edge side of said sample base as a partial transparency mirror, and includes the optical system of said sample base is constituted. In this case, it is convenient if the distance change between said sample front faces and said probe means is detected as change of the resonance frequency of said optical resonator.

[0012] In order to detect change of such resonance frequency, change of said resonance frequency by the distance change between said sample front faces and said probe means is also detectable as frequency change of said semiconductor laser using the semiconductor laser locked in the resonance frequency of said optical resonator as the light source of said Mitsuteru gunner stage.

[0013] Furthermore, it sets in the transparency mold contiguity place scanning microscope relatively equipped with the probe means which can be scanned to the sample laid on the sample base. Said sample base is the spherical surface [side / of the illumination light / the incidence side edge side and outgoing radiation side edge side] centering on the viewpoint of said sample, or a cylinder side. And while constituting an optical resonator by forming a partial transparency mirror in the both ends of the optical path which a laser medium is arranged at an incidence side edge side or outgoing radiation side edge side side, and contains the total reflection in a viewpoint and said laser medium on said sample base It can also constitute so that said laser medium may be excited, and laser oscillation may be carried

out and distance change with said sample front face and said probe means may be detected as change of the oscillation frequency of said laser oscillation.

[0014]

[Function] In the transparency mold contiguity place scanning microscope concerning the above-mentioned configuration, by making the incidence side edge side and outgoing radiation side edge side of a sample base into the spherical surface or a cylinder side, the illumination light always carries out incidence at right angles to the incidence side edge side of a sample base, the effect of the refractive index of a sample base is removed, it is the sample base exterior and the interior and the include angle of the illumination light to a sample side can be made equal. Moreover, even if the incident angle in a sample base changes, it is lost that the lighting location in a sample base changes. For this reason, adjustment of the incident angle of the illumination light is performed very easily and accurately.

[0015] For this reason, adjustment of the incident angle of the illumination light to the surroundings of a perpendicular revolving shaft is enabled to the plane of incidence of this illumination light, and it becomes possible to set up the optimal incident angle arbitrarily and accurately.

[0016] Moreover, after carrying out total reflection in a sample side among illumination light, the availability of the optical power of the illumination light becomes high by establishing the optical system which returns again a part of light [at least] which carries out outgoing radiation from an outgoing radiation side in said direction of a viewpoint from an outgoing radiation side, and illuminates a sample again.

[0017] Furthermore, by constituting the optical resonator which uses the incidence side edge side and outgoing radiation side edge side of a sample base as a partial transparency mirror, and includes the optical system of a sample base, the optical power density inside prism is raised further, and the availability of the illumination light can be improved sharply.

[0018] And when such an optical resonator is constituted, the amount from which the evanescent wave generated by the sample front face returns to a sample rear-face side changes, and, thereby, the effective length of an optical resonator changes with change of the distance between said sample front faces and probe means. Therefore, it becomes possible by detecting change of the resonance frequency of the optical resonator at this time to output the signal corresponding to a sample front face by high sensitivity. And while it becomes good only by using transparency matter, such as glass which it becomes unnecessary to create the optical waveguide which had minute opening as a probe means like the microscope of the conventional example, and only has minute opening in this case, and creation of a probe becomes easy, resolution can be raised more.

[0019] Furthermore, the signal corresponding to a sample front face can be acquired now by high sensitivity more easily using the semiconductor laser locked in the resonance frequency of said optical resonator by detecting change of the resonance frequency by the distance change between said sample front faces and probe means as a frequency of this semiconductor laser.

[0020] Furthermore, the above incidence side edge sides and an outgoing radiation side edge side use the sample base of the spherical surface or a cylinder side. While constituting an optical resonator by forming a partial transparency mirror in the both ends of the optical path which arranges a laser medium and contains a sample base and a laser medium in the incidence side edge side side of this sample base. When said laser medium is excited and laser oscillation is carried out. While becoming possible to detect distance change with said sample front face and said probe means as change of the oscillation frequency of said laser oscillation and being able to perform observation of a sample in high sensitivity extremely. In order to detect the oscillation frequency of laser oscillation, it becomes unnecessary to constitute the feedback loop etc. and an equipment configuration is simplified.

[0021]

[Example] Hereafter, with reference to a drawing, it explains per example of this invention. Drawing 1 shows the configuration of the outline of the transparency mold contiguity place scanning microscope concerning the 1st example of this invention. Hemispherical as a sample base 17 for laying a sample 1 or the thing constituted with semicircle column-like glass etc. is used for the microscope of this drawing. Let the curved-surface part of this sample base 17 which includes the incidence side edge side and

outgoing radiation side edge side of the illumination light at least be a partial transparency mirror. This may arrange the partial transparency mirror 19 for example, in this curved-surface part, or may form the direct partial transparency film in the curved-surface part of the sample base 17. Moreover, in order to carry out incidence of the light from the light source 5 like semiconductor laser to the sample base 17, the mode matching lens 23 is used. moreover, in order to adjust the incident angle to the sample 1 of the injection light from the light source 5, the light source 5 is constituted so that it is alike, and may be attached in the rotatable supporter material which is not illustrated and the include angle to the sample base 17 can be adjusted centering on near the viewpoint of a sample 1.

[0022] In addition, in the transparency mold contiguity place scanning microscope of drawing 1, the photomultiplier 13 for reinforcing the light detected with the XYZ scanner 9 for scanning the optical fiber probe 7 for detecting the EBANESSENTO light from a sample 1 and the optical fiber probe 7, the XYZ driver 11, and the optical fiber probe 7 and a display 15 are the same as the thing of drawing 5, and are good, and the same part is shown by the same reference figure.

[0023] In the transparency mold contiguity place scanning microscope which has such a configuration, incidence of the laser beam from the light source 5 is carried out to the sample base 17 through the mode matching lens 23. And in this case, total reflection of the light from the light source 5 is carried out in the field corresponding to the sample side of the sample base 17, and it is emitted through the outgoing radiation side edge side of the sample base 17. However, since the partial transparency mirrors 19 and 21 are formed in the incidence side edge side and outgoing radiation side edge side of the sample base 17, an optical resonator is constituted by these two partial transparency mirrors 19 and 21 and the sample side of the sample base 17. In this case, it is necessary to adjust the incident angle of the light from the light source 5 etc. but so that the incident light from the light source 5 may carry out total reflection on a sample front face, and by using such a cylindrical shape or a globular form sample base, even if it changes the incident angle of the injection light of the light source 5, the exposure location on a sample side does not change. Therefore, although the critical angle of the total reflection in a sample front face changes with refractive indexes of a sample 1, even if according to this invention it can adjust more easily the incident angle of the incident light to a sample side corresponding to change of this refractive index and moreover changes an incident angle, the exposure location on a sample side is not changed.

[0024] a resonator in case the power of the laser beam in such an optical resonator does not constitute a resonator mostly -- although it becomes finesse twice mostly, as finesse, about 100 thing is easily realizable. Therefore, there is the same effectiveness as that which increased laser power 100 times in this case. Therefore, the use effectiveness of the light in the case of illuminating a sample improves sharply, and becomes observable [high sensitivity].

[0025] Thus, as for the sample 1 illuminated from the rear face, observation is performed like the conventional microscope of said drawing 5 using the optical fiber probe 7, the XYZ scanner 9, the XYZ driver 11, a photomultiplier 13, and a display 15.

[0026] Drawing 2 shows the configuration of the outline of the transparency mold contiguity place scanning microscope concerning the 2nd example of this invention. In the microscope of drawing 2, the same semicircle pilaster as a thing or the semi-sphere sample base 17 of an example of drawing 1 is used. The partial transparency mirrors 19 and 21 are similarly formed in the incidence side edge side and outgoing radiation side edge side of the illumination light of this sample base 17, or it is formed. Semiconductor laser 25 is used as the light source for illuminating the sample 1 laid on the sample base 17. Moreover, although total reflection of the light injected by such semiconductor laser 25 is carried out in the front face of a sample 1 and it is injected from the sample base 17, in order to detect the injection light, a photodetector 27 like a photodiode is formed.

[0027] Furthermore, the output of a photodetector 27 is constituted so that the inrush current of semiconductor laser 25 may be controlled through the feedback amplifier 29.

[0028] Moreover, the front face of a sample 1 scans the probe 31 which consisted of glass with which the tip sharpened by the XY driver 35 which drives the XY scanner 33 and this. Moreover, in order to display a detection image, an indicating equipment 37 is formed, and the output of the scan position

signal from the XY driver 35 and the feedback amplifier 39 is supplied to this indicating equipment 37. [0029] In the example of drawing 2, the injection light of semiconductor laser 25 is introduced in the optical resonator which consists of partial transparency mirrors 19 and 21 and a sample base 17 through the mode matching lens 23. The light which penetrated the inside of such an optical resonator is detected by the photodetector 27, and the inrush current to semiconductor laser 25 is controlled so that transmitted light reinforcement becomes fixed. For this reason, the output of photodetector 27 ** is impressed to the back semiconductor laser 25 amplified by suitable level with the feedback amplifier 29. In addition, it is convenient if the optical isolator which is not illustrated so that the light which injected from semiconductor laser 25 and was reflected by the incident light side of this optical resonator may not return to the direct semiconductor laser 25 is formed.

[0030] Thus, by controlling the inrush current of semiconductor laser 25, the oscillation frequency of this semiconductor laser 25 is controlled, and it constitutes so that this oscillation frequency may lock in the resonance frequency of said optical resonator. That is, B sets an axis of abscissa as a frequency ν for the oscillation line of laser, and shows the response curve of the optical resonator with which A of drawing 3 is constituted by the sample base 17 etc. Since an oscillation frequency changes with change of the amount of inrush currents, as shown in drawing 3, semiconductor laser controls the amount of inrush currents of semiconductor laser so that the optical reinforcement detected by the photodetector 27 becomes fixed, and locks the oscillation frequency of semiconductor laser in the frequency ν_1 of the midpoint of the slope of the response curve of an optical resonator.

[0031] In such a configuration, if a probe 31 is brought close to a sample 1, in order that the effective length of an optical resonator may change, resonance frequency will change with interactions with the probe of the EBANESSENTO light emitted from a sample 1. That is, the resonance frequency of an optical resonator changes with the distance of a probe 31 and a sample 1. Therefore, if a probe 31 is scanned along the front face of a sample 1 with the XY scanner 33, the resonance frequency of an optical resonator will change according to the configuration of a sample 1. And semiconductor laser 25 is locked at the point which is in the response curve of drawing 3 so that it may lock in the resonance frequency of an optical resonator, namely, the output of a photodetector 27 may become fixed. Therefore, the output of the inrush current to semiconductor laser 25, i.e., feedback amplifier, serves as a signal corresponding to spacing of the front face of a sample 1, and a probe 31, and the image corresponding to the configuration of a sample 1 can be obtained by inputting and displaying this signal on a display 37. Thus, by acquiring a picture signal from the inrush current of semiconductor laser 25, image detection of high sensitivity is attained more as compared with the case where a picture signal is detected using an optical fiber probe and a photomultiplier. Moreover, a component with few noises like a photodiode as a photodetector 27 can be used, and S/N of a picture signal can be raised.

[0032] Drawing 4 shows the configuration of the outline of the transparency mold contiguity place scanning microscope concerning the example of further others of this invention. The same semicircle pilaster as said each example or the semi-sphere sample base 17 is used for the microscope of this drawing, and it arranges Nd:YAG glass as a laser medium 39 to the optical incidence side of this sample base 17. Moreover, in order to excite this laser medium 39, semiconductor laser 41 is formed as the light source. And the partial transparency mirrors 43 and 21 are formed in the optical outgoing radiation side edge side of the sample base 17 the optical incidence side of the laser medium 39, respectively, the total reflection in the sample side of the sample base 17 is used further, and an optical resonator is constituted. Moreover, in order to carry out the multiplier of the frequency of the light which is injected from Nd:YAG glass, carries out total reflection in respect of the sample of the sample base 17, and penetrates the partial transparency mirror 21, the frequency counter 45 is formed. Moreover, on the front face of a sample 1, the XY driver 35 which drives a probe 31, the XY scanner 33, and this XY scanner 33 like the example of drawing 2, and the display 37 are formed.

[0033] In such a transparency mold contiguity place scanning microscope, the laser medium 39 is excited by the laser beam injected from semiconductor laser 41, and laser oscillation is performed with the resonance frequency of the optical resonator constituted by this laser medium 39, the sample base 17, etc. Wavelength of the output light of semiconductor laser 41 is set to 780nm, and performs laser

oscillation whose laser medium 39 is the wavelength of 1.06 micrometers by this.

[0034] Illuminating a sample 1 from a rear face by such laser oscillation, a probe 31 is brought close to a sample 1 like the example of said drawing 2, and it scans with the XY scanner 33. In this case, the effective length of an optical resonator changes according to the distance of a probe 31 and a sample 1, and the frequency of said laser oscillation changes.

[0035] Change of such an oscillation frequency is measured by the frequency counter 45, the signal which has the frequency change corresponding to the distance between sample-probes is acquired, F-V conversion is carried out if needed, and this signal is inputted into a display 37. Thereby, the image according to the configuration of a sample 1 can be displayed with a display 37.

[0036] In addition, it is also possible to control the distance between a probe 31 and a sample 1 so that the distance of a probe 31 and a sample 1 becomes fixed, namely, so that the oscillation frequency conversion of laser oscillation becomes fixed, and to input into a display by making the error signal for this control into an output signal. Moreover, a laser medium and its exciting method are not limited to what was shown above, but can use the combination of the thing of arbitration. Furthermore, the sample base itself may consist of laser media. Moreover, although all the above optical resonators were used as the standing wave mold, of course, a ring type resonator may be used. In addition, in the example of drawing 4, since the feedback loops, such as control of an oscillation frequency, are unnecessary, an equipment configuration is simplified. Moreover, since a picture signal is acquired from the oscillation frequency of laser oscillation, detection sensitivity becomes very high.

[0037]

[Effect of the Invention] As mentioned above, according to this invention, a comparatively easy equipment configuration enables it to adjust the incident angle of the illumination light easily and accurately, and even if it moreover changes an incident angle, un-arranging [that the lighting location in a sample base changes] is removed. Moreover, the availability of the optical power of the illumination light becomes very high. Furthermore, it becomes possible for the detection sensitivity of an image to become very high, and to also raise a signal-to-noise ratio sharply.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the transparency mold contiguity place scanning microscope which is the transparency mold contiguity place scanning microscope which equipped relatively the viewpoint of the sample laid on the sample base with the probe means which can scan to the Mitsuteru gunner stage which irradiates the illumination light from a rear face through this sample base, and said sample, and is characterized by for said sample base to be the spherical surface [side / of the illumination light / the incidence side edge side and the outgoing-radiation side edge side] almost centering on the viewpoint of said sample, or a cylinder side.

[Claim 2] The transparency mold contiguity place scanning microscope according to claim 1 characterized by having passed along said viewpoint and enabling accommodation of the incident angle of said illumination light around a perpendicular revolving shaft to the plane of incidence of said illumination light.

[Claim 3] The transparency mold contiguity place scanning microscope according to claim 1 characterized by establishing the optical system which returns again a part of light [at least] which carries out outgoing radiation from an outgoing radiation side in said direction of a viewpoint from an outgoing radiation side, and illuminates said sample again after carrying out total reflection in a sample side among said illumination light.

[Claim 4] The transparency mold contiguity place scanning microscope according to claim 3 characterized by constituting the optical resonator which uses the incidence side edge side and outgoing radiation side edge side of said sample base as a partial transparency mirror, and includes the optical system of said sample base.

[Claim 5] The transparency mold contiguity place scanning microscope according to claim 4 characterized by detecting the distance change between said sample front faces and said probe means as change of the resonance frequency of said optical resonator.

[Claim 6] The transparency mold contiguity place scanning microscope according to claim 5 characterized by detecting change of said resonance frequency by the distance change between said sample front faces and said probe means as frequency change of said semiconductor laser using the semiconductor laser locked in the resonance frequency of said optical resonator as the light source of said Mitsuteru gunner stage.

[Claim 7] It is the transparency mold contiguity place scanning microscope relatively equipped with the probe means which can be scanned to the sample laid on the sample base. Said sample base is the spherical surface [side / of the illumination light / the incidence side edge side and outgoing radiation side edge side] centering on the viewpoint of said sample, or a cylinder side. And while a laser medium is arranged at an incidence side edge side or outgoing radiation side edge side side, a partial transparency mirror is formed in a sample base and the both ends of the optical path containing said laser medium and the total reflection and the partial transparency mirror in a viewpoint of a sample constitute an optical resonator The transparency mold contiguity place scanning microscope which excites said laser medium, and is made to carry out laser oscillation, and is characterized by detecting

distance change with said sample front face and said probe means as change of the oscillation frequency of said laser oscillation.

[Translation done.]